

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003 年 4 月 10 日 (10.04.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/030237 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/3065
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/09129
- (22) 国際出願日: 2002 年 9 月 6 日 (06.09.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-295186 2001 年 9 月 26 日 (26.09.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 原田 彰俊

(HARADA, Akitoshi) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市 藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン エイ・ティー株式会社内 Yamanashi (JP). 稲沢 剛一郎 (INAZAWA, Koichiro) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市 藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン エイ・ティー株式会社内 Yamanashi (JP).

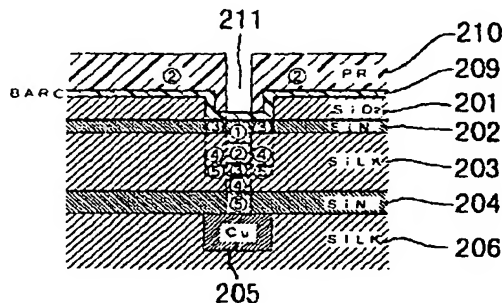
(74) 代理人: 吉武 賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都 千代田区 丸の内三丁目 2 番 3 号 富士ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM

[続葉有]

(54) Title: ETCHING METHOD

(54) 発明の名称: エッチング方法



(57) Abstract: An etching method comprises a step of forming a via hole structure based on a photoresist film layer (210) for forming a wiring pattern, a silicon oxide film layer (201) which is a hard mask layer formed under the photoresist film, and an organic Low-k film layer (203) formed under the hard mask layer, wherein in the step, the organic film layer and the organic Low-k film layer are etched by using a mixture gas of N₂ gas, H₂ gas, and a CF gas.

(57) 要約:

このエッチング方法は、配線パターン形成用のフォトレジスト膜層 210 と、このフォトレジスト膜の下に形成されたハードマスク層であるシリコン酸化膜層 201 と、このハードマスク層の下に形成された有機 Low-k 膜層 203 を基にビアホール構造を形成する工程で上記有機膜層及び上記有機 Low-k 膜層を、N₂ガス、H₂ガス及びCF系ガスの混合ガスを用いてエッチングするようにしている。

WO 03/030237 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

エッチング方法

技術分野

本発明は、エッチング方法に関し、更に詳しくは例えば多層配線形成工程において配線パターン形成用のレジスト層、反射防止膜層及び層間絶縁膜として用いられる有機Low-k膜層をエッチングするエッチング方法に関する。

背景技術

半導体集積回路の高集積化に伴い、多層配線構造を有する半導体装置の製造が急速に発展している。多層配線構造を有する半導体装置の場合には、水平方向に展開する各素子を接続するトレンチ配線と共に垂直方向に積層される各素子を接続するビアホール配線を形成する必要がある。このような多層の配線構造としてデュアルダマシン構造が採用されている。その際、集積回路の高速化を図るために、最近では、配線材料として低抵抗でエレクトロマイグレーション耐性に優れた金属として例えば銅等を用い、更に層間絶縁材料として低誘電率を確保できる有機Low-k材料として例えばSiLK（米国ダウケミカル社の製品）等を用いる傾向にある。

さて、例えば図6A、図6B、図6Cはビアホール形成用のフォトレジスト層（PR層）を用いてデュアルダマシン構造のビアホールのショルダ一部を形成する工程の一例を示している。デュアルダマシン構造を形成する場合には、図6Aに示すように、例えばウエハ上にシリコン酸化膜層（SiO₂膜層）101、シリコン窒化膜層（SiN膜層）102、有機Low-k膜層（例えば、SiLK膜層）103、SiN膜層104及び下層回路パターンの銅配線層（Cu層）105が形成されたSiLK膜層106を形成する。ここで、SiO₂膜層101及びシリコン窒化膜層（SiN膜層102）はそれぞれビア及びトレンチを形成するための第1のハードマスク層及び第2のハードマスク層として形成され、SiLK膜層103は層間絶縁膜層として形成され、下のSiN膜層104はビアホー

ルを形成する際のストッパーとして形成されている。そして、最上層にはビアホール形成用のパターンを有するフォトリソ膜層（PR層）107が形成されている。

そして、SiLK層103にビアホールを形成する場合には、SiN膜層102及びSiLK膜層103に対してエッチング性を有するガス（例えば、CF₄ガス、Arガス、O₂ガスの混合ガス）を用いて、図6Aに示すようにPR層107のビアホールのパターン108に従ってSiN層102をエッチングした後SiLK膜層103を所定の厚さ例えば少なくともデュアルダマシ構造のショルダー部に相当する深さまでオーバーエッチングする（図6B参照）。引き続き、SiO₂膜層101、SiN層102に対して高い選択比を示すエッチングガス（例えば、N₂ガスとH₂ガスの混合ガス）を用いてPR層107をエッチング（アッシング）する工程がある。この工程では、図6Cに示すように、PR層107を除去すると共にSiO₂膜層101、SiN層102をハードマスクとしてSiLK層103をエッチングしてビアホール108を更に掘り下げる。

しかしながら、従来はN₂ガスとH₂ガスの混合ガスを用いてビアホール形成用のPR層107と層間絶縁膜層であるSiLK層103を同時にエッチングすると、図6Cに示すようにSiO₂膜層101をエッチングして形成されたトレンチ部（SiN膜層102）110上にレジスト残渣Dが残るため、その後のSiN膜層102のエッチング工程においてレジスト残渣によるSiN膜層102のエッチングの形状不良を生じその後のエッチングにおいてSiLK膜層103のエッチング残渣の原因になるという課題があった。特に、PR層107の下層に有機膜層である反射防止膜層を設けた場合にレジスト残渣が顕著に残る傾向にある。

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、配線形成工程においてレジスト膜層や有機層間絶縁膜層等の有機膜層をエッチングする際に、レジスト残渣を残さず、有機層間絶縁膜層を所望の形状にエッチングすることができるエッチング方法を提供することを目的としている。

発明の開示

上記目的を達成するために、請求の範囲第1項記載の発明は、有機膜層をエッ

チングする方法において、エッチングガスとして、 N_2 ガス、 H_2 ガス及びCF系ガスの混合ガスを用いることを特徴とする。

請求の範囲第2項記載の発明は、有機膜層をエッチングする方法において、エッチングガスとして、N、Hを含むガス、CF系ガス及び O_2 ガスの混合ガスを用いることを特徴とする。

請求の範囲第3項記載の発明は、配線パターン形成用の有機膜層と、この有機膜層の下に形成されたハードマスク層と、このハードマスク層の下に形成された有機Low-k膜層を基にビアホール構造を形成する工程で、上記有機膜層及び上記有機Low-k膜層を上記エッチングガスを用いてエッチングすることを特徴とする。

請求の範囲第4項記載の発明は、配線パターン形成用の有機膜層と、この有機膜層の下に形成されたハードマスク層と、このハードマスク層の下に形成された有機Low-k膜層を基にトレンチ構造を形成する工程で、上記有機膜層及び上記有機Low-k膜層を上記エッチングガスを用いてエッチングすることを特徴とする。

請求の範囲第5項記載の発明は、配線パターン形成用の有機膜層と、この有機膜層の下に形成されたハードマスク層と、このハードマスク層の下に形成された有機Low-k膜層を基にデュアルダマシン構造を形成する工程で、上記有機膜層及び上記有機Low-k膜層を上記エッチングガスを用いてエッチングすることを特徴とする。

請求の範囲第6項記載の発明は、上記有機膜層は、レジスト膜層及び反射防止膜層を含むことを特徴とする。

請求の範囲第7項記載の発明は、上記ハードマスク層はシリコン窒化膜層を含むことを特徴とする。

請求の範囲第8項記載の発明は、上記CF系ガスとして CH_3F ガスを用いることを特徴とする。

請求の範囲第9項記載の発明は、上記N、Hを含むガスとして NH_3 ガスを用いることを特徴とする。

請求の範囲第10項記載の発明は、上記エッチングガスとして NH_3 と CH_3F

と O_2 との混合ガスを用い、 O_2/NH_3 の流量比が $10/1500$ より大きく $300/1500$ より小さいことを特徴とする。

請求の範囲第11項記載の発明は、上記有機膜層を残渣無く除去することを特徴とする。

請求の範囲第12項記載の発明は、上記有機Lowk膜層内にビアホールを形成することを特徴とする。

請求の範囲第13項記載の発明は、上記ビアホールの一部を残すことを特徴とする。

図面の簡単な説明

図1は、本発明のエッチング方法に用いられるプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

図2A、図2B、図2Cは、図1に示すプラズマ処理装置を用いてトレンチ用のハードマスクを形成する工程を示す工程図である。

図3A、図3B、図3Cは、図1に示すプラズマ処理装置を用いてビアホール用のハードマスクを形成する工程を示す工程図である。

図4A、図4B、図4Cは、図1に示すプラズマ処理装置を用いてビアホール及びトレンチを形成する工程を示す工程図である。

図5は、図2Aないし図4Cに示す工程を纏めて示す工程図である。

図6A、図6B、図6Cは、従来のエッチング方法によりビアホール用のハードマスクを形成する工程を示す工程図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図1ないし図5に示す実施形態に基づいて本発明を説明する。

図1は本発明のエッチング方法を実施する際に用いられるプラズマ処理装置を模式的に示す断面図である。このプラズマ処理装置は、図1に示すように、保安接地された処理容器（チャンバー）1と、このチャンバー1内に昇降可能に配設されたサセプタを構成する下部電極2と、この下部電極2の上方においてチャンバー1の天井部を形成し且つエッチングガスの供給部を形成する中空状の上部電

極 3 と、この上部電極 3 の上面中央部のガス導入部 3 A に接続され且つ複数種のエッチングガスを供給するガス供給系 4 と、チャンバー 1 の排気部 1 A に接続された排気装置（図示せず）とを備えた平行平板型として構成され、ガス供給系 4 からチャンバー 1 内に適宜のエッチングガスを供給すると共に排気装置を介してチャンバー 1 内を所定の真空度に保持しながら上下の両電極 2、3 の間でエッチングガスのプラズマを発生させ、下部電極 2 上のウエハ W をエッチングする。

上記下部電極 2 には例えば 2 MHz の第 1 の高周波電源 5 が整合器 5 A を介して接続され、第 1 の高周波電源 5 から下部電極 2 に対して所定の高周波電力を印加し、下部電極 2 上のウエハ W にバイアス電位を発生させる。上部電極 3 には例えば 60 MHz の第 2 高周波電源 6 が整合器 6 A を介して接続され、第 2 の高周波電源 6 から上部電極 3 に対して所定の高周波電力を印加し、上述のように下部電極 2 と上部電極 3 の間でエッチングガスのプラズマを発生させる。

上記下部電極 2 の上面には電極板 7 A を内蔵するセラミック製の静電チャック 7 が配置され、電極板 7 A には例えば 2.5 kV の高圧直流電源 7 B が接続されている。そして、高圧直流電源 7 B から電極板 7 A に直流高電圧を印加し、静電チャック 7 表面に発生したクーロン力でウエハ W を静電吸着する。下部電極 2 に上面には静電チャック 7 を囲むフォーカスリング 8 が配置され、フォーカスリング 8 を介して下部電極 2 のウエハ W 面にプラズマを集める。更に、下部電極 2 は冷却手段や加熱手段（共に図示せず）を内蔵し、これらの冷却、加熱手段を介して下部電極 2 を -20°C から $+80^{\circ}\text{C}$ まで制御する。また、下部電極 2 及び静電チャック 7 にはヘリウムガス等のバックサイドガスを吐出するガス流路（図示せず）が形成され、このガス流路から静電チャック 7 上のウエハ W の裏面に向けてバックサイドガスを吐出し下部電極 2 とウエハ W との間の熱伝達率を高める。また、上部電極 3 の下面全面には多数の吐出孔 3 B が均等に分散して形成され、ガス供給系 4 から上部電極 3 内に導入されたエッチングガスを複数の吐出孔 3 B からチャンバー 1 内全体に均等に供給する。尚、上部電極 3 は絶縁部材 9 を介してチャンバー 1 から絶縁されている。

上記ガス供給系 4 は、図 1 に示すように、複数種のエッチングガスを供給するガス供給源 4 1 と、これらのガス供給源 4 1 に対応する流量調整バルブ 4 2 及び

開閉バルブ 4 3 とを備えている。本実施形態では例えば、ガス供給源 4 1 は、 N_2 ガス供給源 4 1 A、 H_2 ガス供給源 4 1 B 及び CH_3F ガス供給源 4 1 C を有し、更に、 NH_3 ガス供給源 4 1 D、 O_2 ガス供給源 4 1 E 及びその他のガス供給源 4 1 F を有している。また、流量調整バルブ 4 2 は各ガス供給源 4 1 A ~ 4 1 F に対応する流量調整バルブ 4 2 A ~ 4 2 F を有し、開閉バルブ 4 3 は各ガス供給源 4 1 A ~ 4 1 F に対応するバルブ 4 3 A ~ 4 3 F を有している。そして、エッチング対象に応じて各ガス供給源 4 1 を適宜切り替えて所定のエッチングガスを供給する。

而して、本発明のエッチング方法を実施する場合には、有機 Low-k 膜層（例えば、SiLK 膜層）にデュアルダマシン構造を形成する工程において、ビアホール形成用のフォトリソスト膜層（PR 層）及び SiLK 膜層をエッチングする際に、後述のようにガス供給源 4 1 から N、H を含むガス、CF 系ガス及び O_2 の混合ガスをエッチングガスとして供給する。あるいはガス供給源 4 1 から N_2 ガス、 H_2 ガス及び CF 系ガスの混合ガスをエッチングガスとして供給する。また、酸化膜層（ SiO_2 膜層）や窒化膜層（SiN 膜層）等のハードマスク層をエッチングする場合にはその他のガス供給源 4 2 F を使用する。尚、図 1 では本発明のエッチング方法以外のエッチングに使用される複数種のエッチングガスはその他のガス供給源 4 1 F として一つに纏めて記載してある。

次に、上記プラズマ処理装置を用いた本発明のエッチング方法の実施形態について図 2 A ないし図 5 を参照しながら説明する。図 2 A ないし図 5 はデュアルダマシン構造のトレンチ及びビアホールを形成する工程を示すが、本実施形態のエッチング方法は、図 3 B、図 3 C に示す、PR 層をアッシングすると共に SiLK 膜層に形成されたビアホールを更にエッチングして掘り下げる工程に特徴がある。そこで、以下ではデュアルダマシン構造のトレンチ及びビアホールを形成する工程を説明する。

例えば図 2 A に示すように、デュアルダマシン構造を形成するウエハには上層から下層に向かって、第 1、第 2 のハードマスク層としての SiO_2 膜層（膜厚：例えば 100 nm）201、SiN 膜層（膜厚：例えば 50 nm）202、層間絶縁膜層としての有機 Low-k 膜層（例えば、SiLK 膜層）（膜厚：例えば

550 nm) 203、ストッパーとしてのSiN膜層204及び下層回路パターンの銅配線層(Cu層)205が形成されたSiLK膜層206がそれぞれの膜厚で形成されている。

ところで、上記有機Low-k膜層の材料は特定の材料に制限されるものではなく、SiLKの他、例えば、例えばポリフッ化ナフタレンポリマー、マレイミドベンゾシクロブテンポリマー、ポリパーフロロシクロブテンアロマティックエーテル、ポリイミド、ポリアリルエーテル、パリレン、水素化ダイヤモンド、ポリテトラフルオロエチレン等を好適に用いることができる。更に、有機Low-k膜層203の材料としては、有機高分子中にシリカが一部置換されたジビニルシロキサンベンゾシクロブテンポリマー、シリカ添加ポリイミド等を好適に用いることができる。尚、Low-k膜とは比誘電率が二酸化シリコンの比誘電率4より小さい材料からなる膜を云う。また、第1のハードマスク層の材料は特定の材料に制限されるものではなく、シリコン酸化物の他、例えば、シリコン窒化膜、ポーラスシリカ、シリコンカーバイド、シリコン酸窒化物等の絶縁材料、窒化チタン、窒化タンタル等の金属窒化物、あるいは炭化チタン等を好適に用いることができる。第2のハードマスク層の材料は特定の材料に制限されるものではなく、シリコン窒化物の他、例えば、シリコン酸化物、シリコンカーバイド、ポーラスシリコン窒化物、シリコン酸窒化物、窒化アルミニウム、シリカの絶縁材料、窒化チタン、窒化タンタル等の金属窒化物、あるいは炭化チタン等を好適に用いることができる。但し、窒化チタン膜や窒化タンタル膜等の導電性窒化膜を用いる場合には、トレンチとビアホールに銅を埋め込んだ後、導電性窒化膜をCMPやドライエッチングにより除去する必要がある。

而して、図2Aに示すウエハのSiO₂膜層201上に、トレンチ形成用のPR層(膜厚:例えば450 nm)207を形成し、図2Bに示すように所定のリソグラフィ工程によりトレンチ形成用のパターン208を形成する。その後、SiN膜層202に対して高い選択性を示すエッチングガス(例えば、C₅F₈/O₂/Arの混合ガス)を用いてトレンチ形成用のパターン208に従ってSiO₂膜層201をエッチングすると、SiN膜層202が露呈しトレンチのパターンが形成される。引き続き、エッチングガスを例えばO₂ガスに切り換えてPR層207

をアッシングした後、図2Cに示すようにSiO₂膜層201上に反射防止膜層(BARC(BOTTOM ANTIREFLECTION COATING)層)(膜厚:例えば60nm)209を形成する。このBARC層209の材料は特定の材料に制限されるものではなく、例えば、AR2-600、AR3-200(シプレイ・ファースト(株)製)あるいはSEK-ex4(東京応化工業(株)製)等の有機系材料を好適に用いることができる。

次いで、BARC層209上にPR層210を形成した後、図3Aに示すように所定のリソグラフィ工程によりビアホール形成用のパターン211を形成する。そして、図3Bに示すように、エッチングガスをPR層210に対して高い選択比を示すエッチングガス(例えば、CF₄/Ar/O₂の混合ガス)に切り換えて、ビアホール形成用のパターン211に従ってBARC層209とSiN膜層202をエッチングし、更にそのオーバーエッチングによりSiLK膜層203を所定の深さ(例えば、少なくともデュアルダマシン構造のショルダ一部に相当する深さ)までエッチングする。

然る後、本発明のエッチング方法を用いたエッチング工程でPR層210及びBARC層209を除去する。この工程では、SiO₂膜層201、SiN膜層202に対して高い選択比を示すガス、即ちN、Hを含むガス(例えば、NH₃)、CF系ガス(例えば、CH₃F、CH₂F₂、CHF₃、C₄F₆、C₄F₈、C₅F₈等)及びO₂を混合した第1の混合ガス、またはN₂ガス、H₂ガス及びCF系ガス(例えば、CH₃F、CH₂F₂、CHF₃、C₄F₆、C₄F₈、C₅F₈等)を混合した第2の混合ガスをエッチングガスとして用い、図3Cに示すようにPR層210及びBARC層209をアッシングすると共に、SiLK膜層203に形成されたビアホール212を更に掘り下げる。第1の混合ガスまたは第2の混合ガスを用いることにより、従来のようにSiN膜層202のトレンチ部内でレジスト残渣を発生させることなく、PR層210及びBARC層209を確実に除去することができると共に、SiLK膜層203に所望の形状のエッチングを行うことができる。

第1の混合ガスとしてNH₃/CH₃F/O₂を用いる場合には、混合ガス中、O₂/NH₃の流量比が10/1500より大きく300/1500より小さいこ

とが好ましい。また、 $\text{CH}_3\text{F}/\text{NH}_3$ の流量比が $1/1500 \sim 10/1500$ の範囲がより更に好ましい。 O_2/NH_3 の流量比が $10/1500$ 以下になるとエッチング残渣が発生する虞があり、 $300/1500$ を超えるとボーイングを形成する虞がある。また、第2の混合ガスとして $\text{N}_2/\text{H}_2/\text{CH}_3\text{F}$ を用いる場合には、混合ガス中、 $\text{CH}_3\text{F}/(\text{N}_2+\text{H}_2)$ の流量比が $1/1800 \sim 10/1800$ の範囲が好ましい。

PR層210及びBARC層209を除去した後、エッチングガスを SiO_2 膜層201に対して高い選択比を示す混合ガス（例えば、 $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ または $\text{CF}_4/\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ ）に切り換えて、 SiO_2 膜層201をハードマスクとして SiN 膜層202をエッチングしてトレンチパターン213を形成すると共に SiLK 膜層203のビアホール212を掘り下げ、図4Aに示すように SiO_2 膜層201及び SiN 膜層202からなるトレンチ形成用のハードマスクを形成する。引き続き、 SiO_2 膜層201及び SiN 膜層202に対して高い選択比を示すエッチングガス（例えば、 N_2/H_2 ）に切り換え、図4Bに示すように SiO_2 膜層201及び SiN 膜層202をハードマスクとして SiLK 膜層203をエッチングしてトレンチ213を更に掘り下げると共にビアホール212を下層の SiN 膜層204に達するまで掘り下げる。

引き続き、図4Cに示すように、ハードマスク、 SiLK 膜層203及び Cu 層205に対して高い選択比を示す混合ガス（例えば、 $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ ）を用い、 Cu 層205上の SiN 膜層204をエッチングしてビアホール212を貫通させる。この際、 SiLK 膜層203のトレンチ213も更に深くなる。

以上のエッチング処理工程を纏めて示したものが図5である。図5中の番号はエッチング工程の順序を示している。この一連のエッチング工程において SiLK 膜層203に所望形状のデュアルダマシン構造のビアホール212及びトレンチ213を形成することができる。これらのビアホール212及びトレンチ213に銅等の配線材料を埋め込むことにより配線工程を終了する。

以上説明したように本実施形態によれば、ビアホール形成用の有機膜層（PR層210、BARC層209）の下に形成されたハードマスク層（ SiO_2 膜層201及び SiN 膜層202）と、このハードマスク層の下に形成された SiLK

膜層 203 を基にデュアルダマシン構造を形成する工程において、PR 層 210 と BARC 層 209 からなる有機膜層及び SiLK 膜層 203 のエッチングガスとして、N、H を含むガス（例えば、 NH_3 ）、CF 系ガス（例えば、 CH_3F 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_5F_8 等）及び O_2 を混合した第 1 の混合ガス、または N_2 ガス、 H_2 ガス及び CF 系ガス（例えば、 CH_3F 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_5F_8 等）を混合した第 2 の混合ガスを用いるようにしたため、SiN 膜層 202 のトレンチ部にレジスト残渣を発生させることなく、PR 層 210 及び BARC 層 209 を確実に除去し、同時に SiLK 膜層 203 に所望形状のビアホール 212 のエッチングを行うことができる。このため、その後の SiN 膜層 202 のトレンチ部のエッチングにおいてレジスト残渣による SiN 膜層 202 エッチングの形状不良やその後の SiLK 膜層 203 のエッチング時の残渣を抑制することができる。

また、上記有機膜層は、PR 層 210 と、この PR 層 210 の下面に形成された BARC 層 209 とを含んでいるため、フォトリソグラフィ工程においてビアホール形成用のパターン 211 を高精度に形成することができる。また、ハードマスク層は SiN 膜層 202 を含んでいるため、 SiO_2 膜層 201 に対して高い選択比を有するエッチングガスを用いて SiN 膜層 202 をエッチングしてトレンチ 213 を高精度に形成することができる。第 1 の混合ガスとして $\text{NH}_3/\text{CH}_3\text{F}/\text{O}_2$ を使い、 O_2/NH_3 を $10/1500$ より大きく $300/1500$ より小さく設定することにより、PR 層 210 及び BARC 層 209 をより確実に除去することができる。

次に、図 3 B、図 3 C に示す工程の実施例を具体的に示す。

実施例 1

本実施例では 300 mm ウエハ対応のプラズマ処理装置を用いると共に、エッチングガスとして第 1 の混合ガス（ $\text{NH}_3/\text{CH}_3\text{F}/\text{O}_2$ ）を用いて下記のプロセス条件に設定し、26 秒間処理して PR 層 210 をアッシングすると共に SiLK 膜層 203 をエッチングしてビアホール 212 の一部を形成した。この結果、トレンチ部の SiN 膜層 202 上にはレジスト残渣が認められなかった。また、SiLK 膜層及び PR 層のエッチング速度がそれぞれ 6830 オングストローム

／分及び8605オングストローム／分であり、PR層210のエッチングの面内均一性は±5.2%であり、エッチング速度が高く、しかもPR層210のエッチングの面内均一性に優れていることが判った。

[プロセス条件]

1. チャンバー内圧力：400mTorr
2. 第1の高周波電源：2MHz、3000W
3. 第2の高周波電源：60MHz、3000W
4. 上下両電極間の隙間寸法：50mm
5. B/T/Wの温度：0℃/60℃/60℃

但し、Bは下部電極の温度、Tは上部電極の温度、Wはチャンバー壁面の温度を示す。

6. バックサイドガスの圧力（中央部／周縁部）：10/35Torr
7. エッチングガス：NH₃/CH₃F/O₂=1500/3/20sccm

実施例2

本実施例では300mmウエハ対応のプラズマ処理装置を用いると共に、エッチングガスとして第2の混合ガス（N₂/H₂/CH₃F）を用い、その流量をN₂/H₂/CH₃F=1500/300/3sccmに設定すると共にチャンバー内の圧力を300～400mTorrに設定した以外は、実施例1と同一のプロセス条件でPR層210及びSiLK膜層203を42秒間エッチングした。この結果、トレンチ部のSiN膜層202上にはレジスト残渣が認められなかった。また、SiLK膜層及びPR層のエッチング速度はそれぞれ3171オングストローム／分及び3265オングストローム／分であり、PR層210のエッチングの面内均一性は±27.2%であった。

比較例1

本比較例ではエッチングガスとして実施例1の場合よりもO₂の流量を減らした第1の混合ガスを用い、各ガスの流量をNH₃/CH₃F/O₂=1500/3/10sccmに設定した以外は、実施例1と同一のプロセス条件でPR層210及

びSiLK膜層203を23秒間エッチングした。この結果、トレンチ部のSiN膜層202上にはレジスト残渣が認められた。SiLK膜層203及びPR層210のエッチング速度がそれぞれ6887オングストローム/分及び8331オングストローム/分であり、PR層210のエッチングの面内均一性は±6.6%であった。

比較例 2

本比較例ではエッチングガスとして実施例1の混合ガスのO₂を除いたNH₃及びCH₃Fの混合ガスを用い、各ガスの流量をNH₃/CH₃F=1500/3 sccmに設定した以外は、実施例1と同一のプロセス条件でPR層210及びSiLK膜層203を27秒間エッチングした。この結果、トレンチにはレジスト残渣が認められた。また、SiLK膜層203及びPR層210のエッチング速度がそれぞれ6975オングストローム/分及び8111オングストローム/分であり、PR層のエッチングの面内均一性は±12.6%であった。

比較例 3

本比較例では200mmウェハ対応のプラズマ処理装置を用いると共にエッチングガスとして従来の混合ガス(N₂、H₂の混合ガス)を用い、下記のプロセス条件に設定し、PR層210及びSiLK膜層203を45秒間エッチングした。この結果、トレンチ部のSiN膜層202上にはレジスト残渣が認められた。また、SiLK膜層及びPR層のエッチング速度がそれぞれ2200オングストローム/分及び3700オングストローム/分で、実施例1と比較してエッチング速度が極めて低いことが判った。尚、PR層210のエッチングの面内均一性は10%であった。

[プロセス条件]

1. チャンバー内圧力：100mTorr
2. 第1の高周波電源：2MHz、800W
3. 第2の高周波電源：60MHz、1500W
4. 下部電極と上部電極間の寸法：45mm

5. B/T/Wの温度：0°C/30°C/50°C

6. バックサイドガスの圧力（中央部/周縁部）：10/35 Torr

7. エッチングガス：N₂/H₂=300/300 sccm

尚、本発明は上記実施形態に何等制限されるものではない。本実施例ではビアホール212を形成する工程に本発明を適用した場合について説明したが、ハードマスク層の上に形成された配線パターン形成用の有機膜層と、有機Low-k膜層を同時にエッチングして配線形成用の有機膜層を完全に除去する工程であれば本発明を適用することができ、トレンチ構造を形成する場合にも本発明を適用することができる。また、例えば、デュアルダマシン構造の各膜層の材料は必要に応じて適宜変更することができる。反射防止膜層はPR層上に形成したものであっても良い。

本発明によれば、配線形成工程においてレジスト膜層や有機層間絶縁膜層等の有機膜層をエッチングする際に、レジスト残渣を残さず、有機層間絶縁膜層を所望の形状にエッチングすることができるエッチング方法を提供することができる。

請 求 の 範 囲

1. 有機膜層をエッチングする方法において、エッチングガスとして、 N_2 ガス、 H_2 ガス及びCF系ガスの混合ガスを用いることを特徴とするエッチング方法。

2. 有機膜層をエッチングする方法において、エッチングガスとして、N、Hを含むガス、CF系ガス及び O_2 ガスの混合ガスを用いることを特徴とするエッチング方法。

3. 配線パターン形成用の有機膜層と、この有機膜層の下に形成されたハードマスク層と、このハードマスク層の下に形成された有機Low-k膜層を基にビアホール構造を形成する工程で、前記有機膜層及び前記有機Low-k膜層を前記エッチングガスを用いてエッチングすることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載のエッチング方法。

4. 配線パターン形成用の有機膜層と、この有機膜層の下に形成されたハードマスク層と、このハードマスク層の下に形成された有機Low-k膜層を基にトレンチ構造を形成する工程で、前記有機膜層及び前記有機Low-k膜層を前記エッチングガスを用いてエッチングすることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載のエッチング方法。

5. 配線パターン形成用の有機膜層と、この有機膜層の下に形成されたハードマスク層と、このハードマスク層の下に形成された有機Low-k膜層を基にデュアルダマシ構造を形成する工程で、前記有機膜層及び前記有機Low-k膜層を前記エッチングガスを用いてエッチングすることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載のエッチング方法。

6. 前記有機膜層は、レジスト膜層及び反射防止膜層を含むことを特徴とする請求の範囲第1項ないし第5項のいずれかに1項に記載のエッチング方法。

7. 前記ハードマスク層はシリコン窒化膜層を含むことを特徴とする請求の範囲第3項ないし第6項のいずれか1項に記載のエッチング方法。

8. 前記CF系ガスとして CH_3F ガスを用いることを特徴とする請求の範囲第1項ないし第7項のいずれか1項に記載のエッチング方法。

9. 前記N、Hを含むガスとして NH_3 ガスを用いることを特徴とする請求の範囲第2項ないし第8項のいずれか1項に記載のエッチング方法。

10. 前記エッチングガスとして NH_3 と CH_3F と O_2 との混合ガスを用い、 O_2/NH_3 の流量比が $10/1500$ より大きく $300/1500$ より小さいことを特徴とする請求の範囲第2項ないし第9項のいずれか1項に記載のエッチング方法。

11. 前記有機膜層を残渣無く除去することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第10項のいずれか1項に記載のエッチング方法。

12. 前記有機Low-k膜層内にビアホールを形成することを特徴とする請求の範囲第3項ないし第11項のいずれか1項に記載のエッチング方法。

13. 前記ビアホールの一部を残すことを特徴とする請求の範囲第12項に記載のエッチング方法。

1 / 6

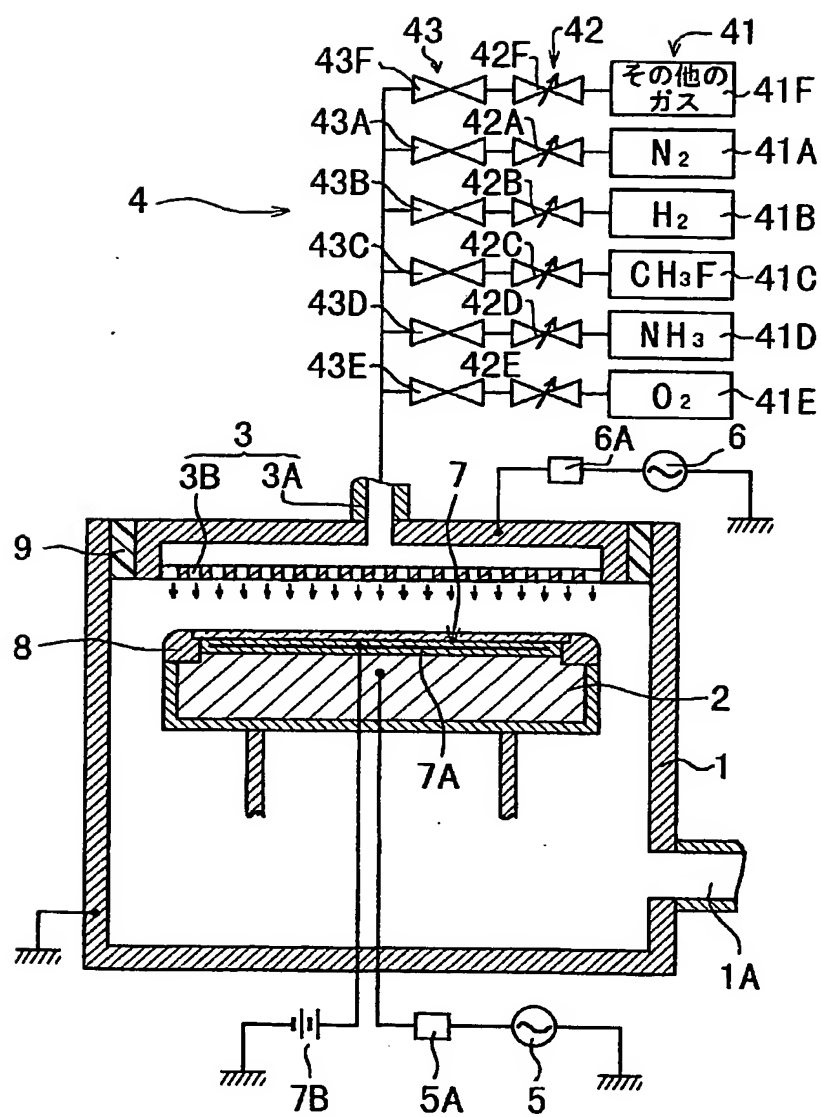


FIG. 1

2 / 6

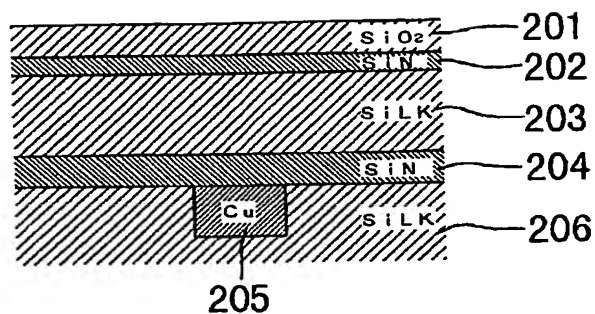


FIG. 2A

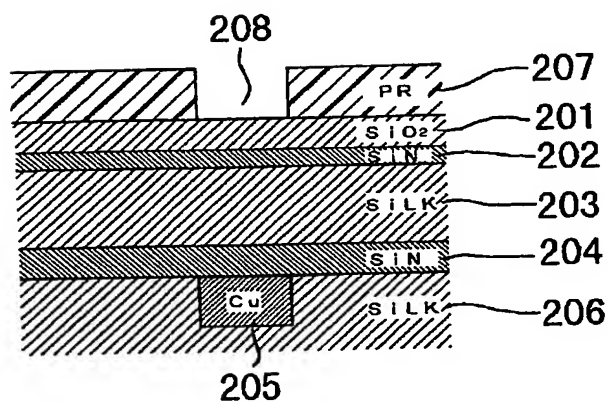


FIG. 2B

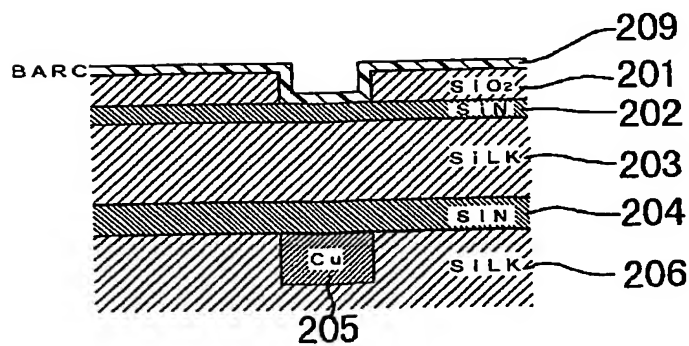


FIG. 2C

3/6

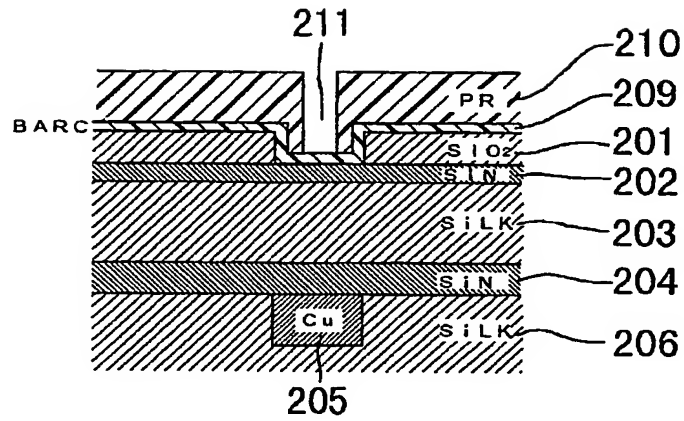


FIG. 3A

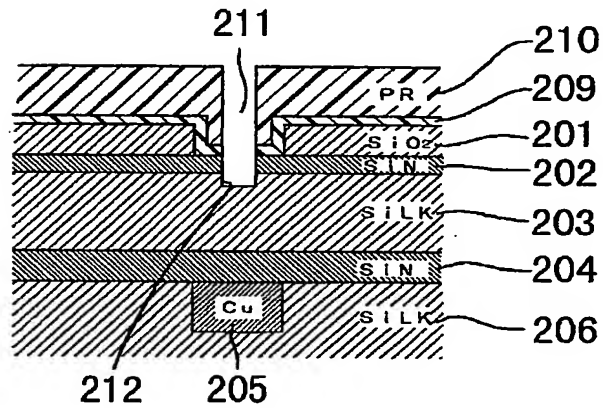


FIG. 3B

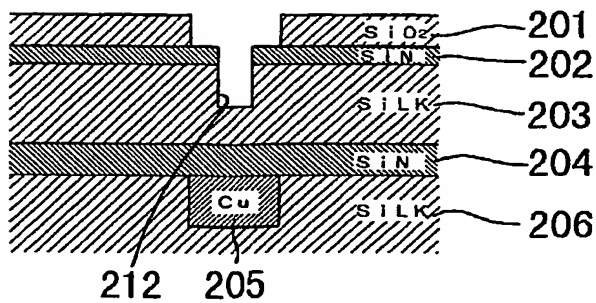


FIG. 3C

4/6

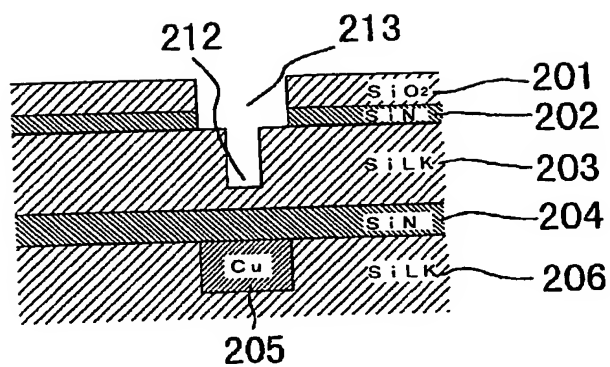


FIG. 4A

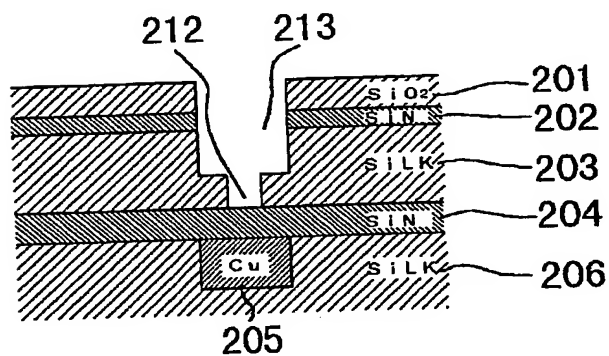


FIG. 4B

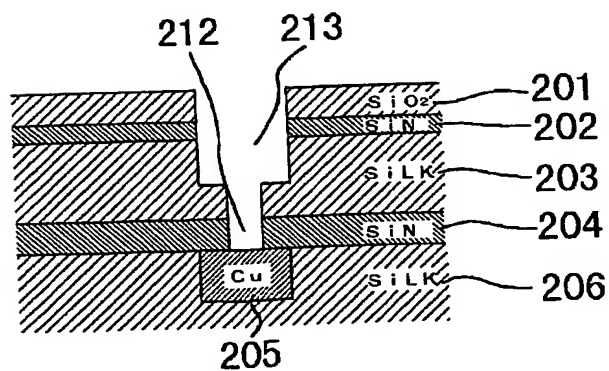


FIG. 4C

5/6

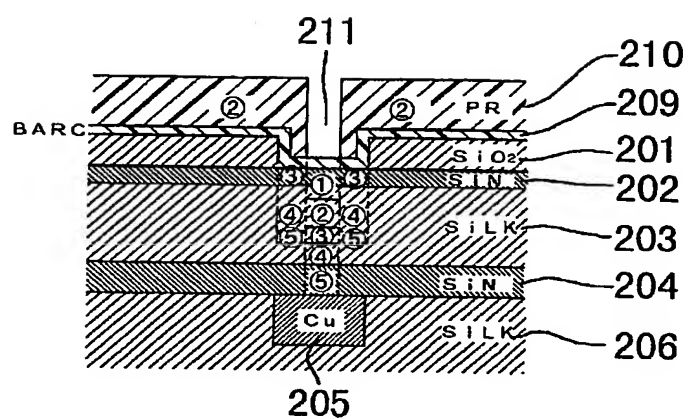


FIG. 5

6/6

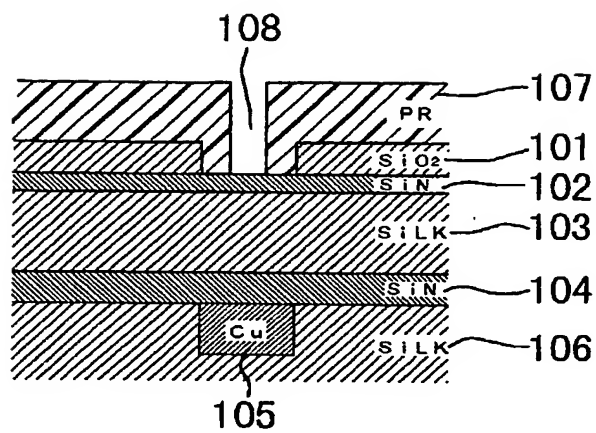


FIG. 6A

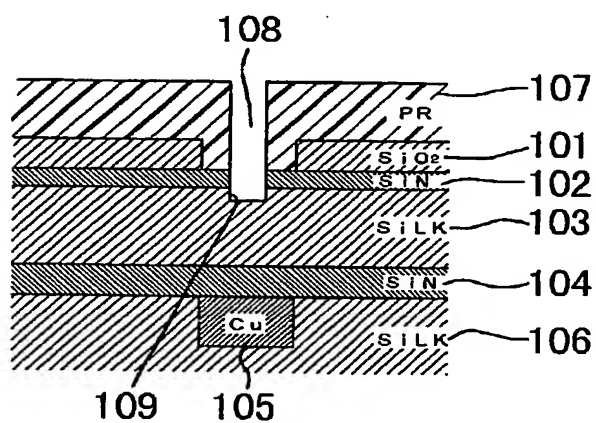


FIG. 6B

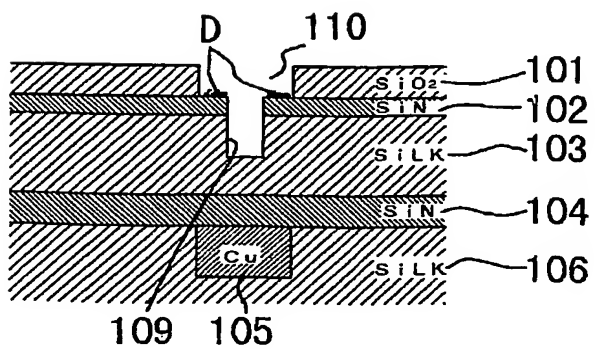


FIG. 6C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L21/3065Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-118825 A (Tokyo Electron Ltd.), 27 April, 2001 (27.04.01), Par. Nos. [0017] to [0026]; Fig. 2 (Family: none)	1, 7, 11, 12 3-6, 8, 13
Y	JP 2000-36484 A (Tokyo Electron Ltd.), 02 February, 2000 (02.02.00), Par. Nos. [0012], [0044], [0045] (Family: none)	2, 9, 10
Y	FUKASAWA et al., "Organic Low-k Film Etching Using N-H Plasma", Proc. of Symposium on Dry Process 1999, pages 221 to 226, particularly, pages 222, 223; Fig. 9	2-6, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 November, 2002 (27.11.02)Date of mailing of the international search report
10 December, 2002 (10.12.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09129

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6251774 B (Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha), 26 June, 2001 (26.06.01), Column 5, lines 30 to 67; Fig. 1 & JP 2000-150644 A Par. Nos. [0031] to [0035]; Fig. 1	6
Y	US 6180518 B (Lucent Technologies Inc.), 30 January, 2001 (30.01.01), Column 4, line 57 to column 5, line 8 & JP 2001-196455 A Par. Nos. [0025], [0026]	8
Y	EP 1030353 A (FRANCE TELECOM), 23 August, 2000 (23.08.00), Par. Nos. [0026] to [0028] & JP 2000-269185 A Par. Nos. [0026] to [0028]	10,11

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L 21/3065

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L 21/3065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2002年
日本国登録実用新案公報 1994-2002年
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2001-118825 A(東京エレクトロン株式会社), 2001.04.27, 第17-26段落, 図2(ファミリーなし)	1, 7, 11, 12 3-6, 8, 13
Y	JP 2000-36484 A(東京エレクトロン株式会社), 2000.02.02, 第12, 44, 45段落(ファミリーなし)	2, 9, 10
Y	FUKASAWA et al. 'Organic Low-k Film Etching Using N-H Plasma', Proc. of Symposium on Dry Process 1999, p. 221-226, 特にp. 222, 223, Fig. 9	2-6, 9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 11. 02

国際調査報告の発送日

10.12.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田代 吉成



4R 3031

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 6251774 B (Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha), 2001. 06. 26, 第5欄第30-67行, 図1 & JP 2000-150644 A, 第31-35段落, 図1	6
Y	US 6180518 B (Lucent Technologies Inc.), 2001. 01. 30, 第4欄第57行-第5欄第8行 & JP 2001-196455 A, 第25, 26段落	8
Y	EP 1030353 A (FRANCE TELECOM), 2000. 08. 23, 第26-28段落 & JP 2000-269185 A, 第26-28段落	10, 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.